

## Evaluasi Keterlambatan Proyek Konstruksi Sistem Perpipaan Unit 2 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Jawa Tengah Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan Pendekatan Prinsip *Reability Centered Maitenance II (RCM II)*

Aditiya Nur Rohman<sup>1\*</sup>, Rina Sandora<sup>2</sup>, dan Nurvita Arumsari<sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [aditiyanur09@gmail.com](mailto:aditiyanur09@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [rinasandora@ppns.ac.id](mailto:rinasandora@ppns.ac.id)<sup>2\*</sup>; [arum@ppns.ac.id](mailto:arum@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>

---

**Abstract** - This case study taken from a company which is a company engaged in the Engineering, Procurement, Construction and Commissioning (EPCC) project, has experienced delays in the piping system construction project at the one of the coal fired power plant project which is indicated based on progress recorded in the data base. So it was recommended to identify delay engaged. Identification of the risk of delays through the failure mode and effect analysis (FMEA) method, often the risk of failure from critical activities is caused by overly complex managerial roles from both party 1 contractors and second party sub-contractors. For Reliability Centered Maintenance II principle analysis, failure is included in category O which means that consequences have an impact on production. Requirements for proactive task O1 are became right steps in mitigating delays by various parties concerned for each failure.

**Keyword:** Delaying Project, FMEA, RCM II Principle

---

### 1. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu perusahaan yang ditunjuk untuk menjadi salah satu kontraktor pada proyek PLTU yang bertempat di daerah Jawa Tengah. berdasarkan kontrak proyek tersebut, perusahaan ini hanya diberikan kontrak untuk menangani fabrikasi dan instalasi perpipaan dan supportnya sehingga lingkup pekerjaan yang didapat pada proyek ini terbilang sangat spesifik dalam menangani pekerjaan konstruksi beberapa sistem perpipaan pada unit 1 dan 2 diantaranya: *Loop oil piping system, Boiler Feed Turbin Pump, Condensate Purified System*, dan beberapa *line* pipa pada *system general piping*.

Ditinjau dari data *base* dari pemantauan progres dari proyek ini, terjadi perbedaan durasi penyelesaian kegiatan yang lebih tinggi dari pada durasi yang diperhitungkan. Sehingga dapat diartikan bahwa antara terjadi keterlambatan dari yang sudah ditargetkan. Hal tersebut tentulah sangat besar peluang terjadinya keterlambatan di tiap-tiap dari proyek tersebut yang akan dapat mengakibatkan performa kegiatan proyek berada pada kondisi yang buruk. Ditambah lagi, perusahaan akan dijatuhi denda, jika terjadi keterlambatan proyek oleh sub-kontraktor yang membawahi perusahaan tersebut. Akibat dari kejadian itu, terjadi pengurangan dari keuntungan finansial yang telah direncanakan. Agar hal tersebut tidak terjadi lagi khususnya pada pengerjaan konstruksi perpipaan di unit 2, perlu adanya tindakan evaluasi risiko guna mengetahui risiko-risiko yang mungkin akan terjadi pada

pengerjaan konstruksi di unit 2. Sehingga, perusahaan dapat mengidentifikasi penyebab dari keterlambatan tersebut.. Hal yang terpenting dari evaluasi risiko ialah perusahaan dapat juga mengambil langkah pengendalian guna mengendalikan risiko-risiko tersebut jika terjadi. Dalam

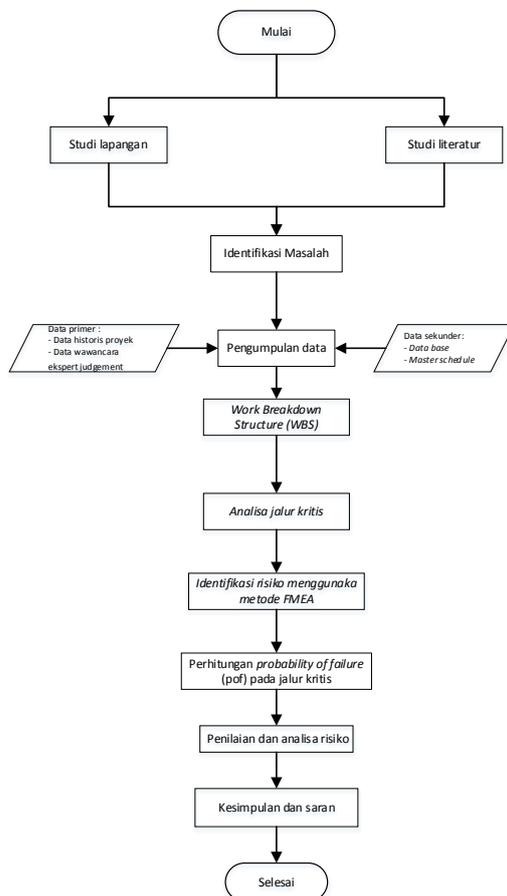
Salah satu metode yang dapat dipakai untuk mengidentifikasi risiko secara kualitatif yakni metode *failure mode and effect analysis (FMEA)*. menurut Leitch (1995), *failure mode and effect analysis (FMEA)* merupakan teknik analisis yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan oleh *engineer* selama perancangan dan pengembangan. Jadi, dapat disimpulkan bahwa metode ini bisa digunakan untuk menganalisis risiko keterlambatan dalam suatu proyek karena memiliki beberapa kelebihan dibanding metode lain di antaranya hemat biaya, sistematis, dan penyelesaiannya tertuju pada *potensial causes* (penyebab yang potensial).

Metode Penentuan tindakan mitigasi yang tepat dalam menanggulangi penyebab keterlambatan proyek pada penelitian ini ialah menggunakan prinsip metode RCM II karena metode tersebut dapat mengakomodir adanya analisis tindakan pencegahan yang dituangkan dalam bagan decision worksheet RCM II.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Flow Chart Penelitian

Langkah-langkan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melaksanakan runtutan kegiatan seperti pada Gambar 2 yang merupakan diagram alir penelitian ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 2.2 Prosedur Penelitian

Tahap permulaan dari penelitian ini yakni dilakukan studi literatur yang secara bersamaan dikomparasikan dengan keadaan yang ada di lapangan. Cakupan dari kegiatan ini ialah mencari sumber referensi dasar dari penelitian ini dalam bentuk paper yang bersumber dari jurnal nasional atau *proceeding*. Selain itu, kegiatan ini juga mencakup kajian ilmu yang menjadi referensi teoritis serta perhitungan matematis dari pengolahan data serta analisa data dari penelitian ini yang bersumber dari beberapa sumber yang relevan seperti buku literature, buku diktat, dan juga dapat diambil dari situs internet resmi.

Tahap inti dari penelitian ini yakni melakukan kajian serta diskusi oleh *expert judgement* dari pihak *project control*, *construction manager* dan *field engineer* sebagai yang posisi yang mengontrol dan mengendalikan tentang isu-isu permasalahan keterlambatan yang ada di

lapangan. Dari hasil tersebut, ditemukan risiko-risiko yang dapat menyebabkan keterlambatan dari proyek tersebut. Setelah itu, dilakukan *brain storming* guna mencari tindak mitigasi yang tepat oleh kedua *expert judgement* tersebut sesuai dengan prinsip RCM II.

### 2.3 Tinjauan Pustaka

Proyek adalah suatu rangkaian kegiatan investasi yang menggunakan faktor-faktor produksi untuk menghasilkan barang ataupun jasa yang diharapkan dapat memperoleh keuntungan dalam periode tertentu (Bappenas, 2003). Kriteria dari proyek tersebut menurut Santosa (2003) diantaranya :

#### 1) Tujuan

Suatu proyek biasanya adalah suatu aktifitas yang berlangsung dalam waktu tertentu dengan hasil akhir tertentu.

#### 2) Kompleksitas

Proyek biasanya melibatkan beberapa fungsi organisasi (pemasaran, personalia, engineering, produksi, keuangan) karena diperlukan bermacam-macam keterampilan dan bakat dari berbagai disiplin dalam menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan dalam proyek.

#### 3) Keunikan

Setiap proyek memiliki ciri tersendiri yang berbeda dari apa yang sudah pernah dikerjakan sebelumnya.

#### 4) Tidak Permanen

Proyek adalah aktivitas temporer, biasanya dalam jadwal tertentu dan sekali tujuan tercapai, organisasi akan dibubarkan dan akan dibentuk organisasi baru untuk mencapai tujuan yang lain lagi.

#### 5) Ketidakbiasaan (*unfamiliar*)

Proyek biasanya menggunakan teknologi baru dan memiliki elemen yang tidak pasti dan beresiko. Kegagalan suatu proyek bisa berakibat buruk bagi organisasi.

#### 6) Siklus Hidup

Proyek adalah suatu proses bekerja untuk mencapai suatu tujuan, selama proses proyek akan melewati beberapa fase yang disebut siklus hidup proyek.

FMEA merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berpotensi terjadi, menentukan pengaruh resiko tersebut terhadap kegiatan operasional, dan mengidentifikasi tindakan untuk memitigasi resiko tersebut (Crow, 2002). Sedangkan Menurut Leitch (1995), FMEA merupakan teknik analisis yang apabila dilakukan dengan tepat dan waktu yang tepat akan memberikan nilai yang besar dalam membantu proses pembuatan keputusan oleh engineer selama perancangan dan pengembangan.

Manfaat yang ditawarkan dengan diterapkannya metode FMEA yaitu untuk membantu perusahaan meningkatkan kehandalan dan kualitas serta hemat biaya karena sistematis maka penyelesaiannya tertuju pada potensial causes (penyebab yang potensial) sebuah kegagalan/ kesalahan. Dan juga hemat waktu karena tepat sasaran.

Tahapan FMEA menurut Manggala (2005) adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan komponen dari sistem/ alat yang akan dianalisis.
- 2) Mengidentifikasi potensial failure/ mode kegagalan dari proses yang diamati.
- 3) Mengidentifikasi akibat (potential effect) yang ditimbulkan potensial failure mode.
- 4) Mengidentifikasi penyebab (potential cause) dari failure mode yang terjadi pada proses yang berlangsung.
- 5) Menetapkan nilai-nilai (dengan jalan observasi lapangan dan brainstorming) dalam poin.

Dalam standar AS/NZS 4360:1999 (2003), FMEA dapat diperluas untuk melakukan apa yang disebut mode kegagalan, efek dan analisis kritikalitas (FMECA). Dalam FMECA, setiap mode kegagalan yang diidentifikasi harus menguraikan penyebab dan efek dari risiko tersebut. Kemudian, diberi peringkat berdasarkan gabungan dari pengaruh-pengaruhnya yang konversikan dalam bentuk data kuantitatif. Hanya saja, dalam kasus manajemen risiko, penilaian didasarkan hanya 2 aspek yakni *likelihood* dan tingkat *consequence*-nya.

*Consequence evaluation* pada prinsip RCM II *decision worksheet* merupakan konsekuensi yang ditimbulkan karena terjadinya kegagalan fungsi (Moubray, 1997). Dalam RCM II failure consequence dibedakan atas 4 jenis dan masing-masingnya dijelaskan sebagai berikut:

- 1) *Hidden failure* (H) memiliki konsekuensi *failure mode* tidak dapat diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal,
- 2) *Safety effect* (S) memiliki konsekuensi *failure mode* berdampak pada keselamatan kerja operator,
- 3) *Environmental effect* (E) memiliki konsekuensi *failure mode* berdampak pada lingkungan,
- 4) *Operational effect* (O) memiliki konsekuensi *failure mode* berdampak pada output produksi yang dihasilkan.

*Proactive task & Default Action* Proactive dalam prinsip RCM II ialah merupakan tindakan/ kondisi yang diambil dal mencegah terjadinya failure modes. Dalam penentuan tindak tersebut akan dibantu dengan RCM II *Decision Diagram* dengan memenuhi persyaratan *technically feasible and worth doing* yang telah ditetapkan

dalam RCM II adalah sebagaimana dijelaskan berikut:

- 1) *Scheduled on-condition task* (H1/S1/O1/N1) dengan kriteria Persyaratan kondisi *proactive task* berikut:
  - a) Memungkinkan untuk dilakukan pendeteksian terhadap gejala-gejala awal terjadinya kerusakan,
  - b) Dapat dilakukan monitoring terhadap item pada interval kurang dari P- F interval,
  - c) Apakah dalam interval waktu tersebut cukup untuk di lakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi / mengeliminasi *functional failures*.
- 2) *Scheduled restoration task* (H2/S2/O2/N2) dengan kriteria Persyaratan kondisi *proactive task* berikut:
  - a) Dapat mengidentifikasi umur item yang menunjukkan kemungkin penambahan, kecepatan terjadinya kegagalan
  - b) Mayoritas *item* dapat bertahan pada umur tersebut (untuk kegagalan yang memiliki dampak/konsekuensi terhadap *safety* atau *environment*),
  - c) Dapat memulihkan daya tahan item terhadap kegagalan yang terjadi.
- 3) *Scheduled discard task* (H3/S3/O3/N3) dengan kriteria Persyaratan kondisi *proactive task* berikut:
  - a) Dapat mengidentifikasi umur item yang menunjukkan kemungkinan penambahan kecepatan terjadinya kegagalan
  - b) Mayoritas item dapat bertahan pada umur tersebut (untuk kegagalan yang memiliki dampak/konsekuensi terhadap *safety* atau *environment*).
- 4) *Scheduled failure finding task* (H4) dengan kriteria Persyaratan kondisi *proactive task* berikut:
  - a) Pendeteksian untuk menemukan *hidden failure* Memungkinkan untuk Dapat dilakukan,
  - b) Task yang diberikan mampu menurunkan terjadinya *multiple failure*,
  - c) *Task* yang diberikan dilakukan sesuai dengan interval yang dikehendaki.

- 5) *Redesign* (H5) dengan kriteria Persyaratan kondisi *proactive task* yakni *hidden failure* Dapat dicegah hanya dengan jalan melaksanakan perubahan desain pada mesin.
- 6) *Combination* (S4) dengan kriteria Persyaratan kondisi *proactive task* yakni *Safety effect* dapat dicegah apabila kombinasi aktivitas antar Proactive task dilakukan

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

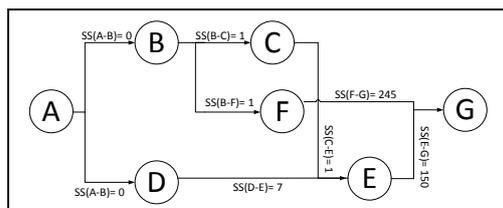
#### 3.1 Analisa Kegiatan Konstruksi Perpipaan PLTU

Penyusunan WBS pada proyek kali ini, dimaksudkan untuk klasifikasikan mode kegagalan berdasarkan *scope* pekerjaan konstruksi dari beberapa sistem dari perusahaan tempat penelitian ini diadakan. Sehingga berikut pada tabel 1 WBS berdasarkan urutan dari pekerjaan proyek konstruksi sistem perpipaan di PLTU tersebut.

Tabel 1 Work Breakdown Structure

Urutan Pekerjaan	Nama Pekerjaan	Kode
1	Pekerjaan Pipa	
1.1	<i>Fit Up</i>	A
1.2	<i>Welding</i>	B
1.3	<i>Hanging</i>	C
2	Pekerjaan Support	
2.1	Instalasi	D
2.2	Fabrikasi	E
3	<i>Non-Destructive Test</i>	
3.1	<i>Radiographic Test</i>	F
3.2	<i>Hydrotest</i>	G

Kegiatan yang berada pada jalur kritis disebabkan karena kegiatan pada jalur kritis tersebut tidak memiliki *float* atau waktu lebih apabila kegiatan tersebut terjadi keterlambatan maka dari itu biasanya risiko keterlambatan yang paling rawan di hadapi oleh. kegiatan tersebut Dalam menentukan jalur kritis, hal yang harus dilakukan yakni menyusun jaringan kerja dengan menggunakan metode diagram preseden. Metode yang berbasis *activity on node* (AON) tersebut, dapat memungkinkan kegiatan bisa ditumpang tindih berdasarkan konstrain dari masing-masing kegiatan seperti pada gambar 2.



Gambar 2 Jaringan kerja

Dari hasil rangkaian jaringan kerja yang dibuat, maka dapat ditentukan *tracking* hitungan

kurun waktu dari jaringan kerja yang tersedia pada tabel 2. Pada tabel tersebut dapat diidentifikasi jalur kritis yang dimana kegiatan tersebut memiliki *float/slack* sama dengan nol diantaranya ialah kegiatan A, B, F dan G.

Tabel 2 Jalur Kritis kegiatan proyek

Kode	Predessecors	ES	EF	LS	LF	<i>float/Slack</i>
A	-	0	322	0	322	0
B	ASS	0	322	0	322	0
C	BSS+1 HARI	1	323	95	417	94
D	ASS	0	203	89	292	89
E	DSS+7 HARI, CSS+1 HARI	2	205	96	299	94
F	BSS+1 HARI	1	398	1	398	0
G	FSS+150 HARI, ESS+245 HARI	246	486	246	486	0

#### 3.2 Identifikasi Kegagalan

Identifikasi penyebab dari kegagalan proyek tersebut dilakukan adalah bagian dari analisis kualitatif dari penelitian ini. Mode kegagalan dan penyebab dari mode kegagalan tersebut yang didapat dari hasil wawancara *expert judgement* yang dipilih berdasarkan keterkaitannya dalam kegiatan-kegiatan tersebut seperti *project control*, *construction manager*, dan *field engineer*. Dari hasil wawancara tersebut, penyebab kegagalan pada sebagian besar penyebab dari keterlambatan secara umum disebabkan karena masalah manajerial, birokrasi dan kekurangan kebutuhan pekerja.

#### 3.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Hasil wawancara yang telah dikemukakan pada sub-bab 3.2, berikut pada tabel 3 telah dijabakan penyebab keterlambatan secara spesifik berdasarkan klasifikasi mode kegagalan yang diambil berdasarkan keterlambatan pada kegiatan kritis dari kegiatan proyek konstruksi sistem perpipaan PLTU tersebut pada tabel 3. Pada tabel tersebut juga ditulis skor kegagalan. Skor tersebut didapat dari hasil analisa semi-kuantitatif yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan kriteria skor *likelihood* dan *consequence* dengan tingkan 5x5. *Likelyhood* yang diperoleh dari kemungkinan kegagalan yang terjadi apabila penyebab-penyebab keterlambatan tersebut terjadi. Sedangkan, *consequence* yang ditimbulkan baik kerugian finansial akibat keterlambatan maupun durasi yang molor akibat keterlambatan yang dialami oleh perusahaan. Kedua *consequence* tersebut menjadi *risk effect* dari analisa FMEA. Kedua skor tersebut kemudian dikalikan menjadi skor kualitatif dari masing-masing mode kegagalan terhadap efek yang ditimbulkan oleh penyebab-penyebab yang timbul dari kegagalan tersebut terhadap tiap-tiap mode kegagalan.

Tabel 3 Failure mode and effect analysis

Risk Code	Risk Mode	Risk Cause	Risk Effect	L	C	Score (LxC)	
C.1	C.1.1	Fit-up	Harus dilakukan 4x inspeksi oleh pihak kontraktor, sub-contractor dan dari qc Perusahaan	Keterlambatan Kegiatan <i>Fit-up</i>	5	3	15
			Client masih concern terhadap penyelesaian visual welding unit 1, sehingga belum melakukan inspeksi fit up unit 2	Penambahan Ongkos Pekerja	5	1	5
	C.1.2	Welding	Faktor cuaca yang sering hujan	Keterlambatan Kegiatan <i>Welding</i>	5	3	15
			Penambahan BQ				
		Kekurangan MP base on MP loading Kontrak, karena MP unit 1 tidak boleh paralel dengan unit 2	Penambahan Ongkos Pekerja	5	1	5	
		Ada 4 subcont yang berbeda melakukan pekerjaan untuk sistem yang sama					
C2	C.2.1	Radiographic Test	lokasi sambungan yang sangat tidak nyaman yang membuat produktifitas hasil pengelasan menjadi cenderung kurang	Keterlambatan Kegiatan <i>Radiographic test</i>	5	3	15
			Inspeksi belum maksimal dilakukan di unit 1 sehingga tidak bisa dilanjutkan ke proses welding	Penambahan Ongkos Pekerja	5	1	5
	C.2.2	Hydrotest	Kurangnya qc dan line checker baik dari Perusahaan maupun sub-kontraktor pihak ke-2 sehingga tidak bisa inspeksi bareng	Keterlambatan Kegiatan <i>Hydrotest</i>	5	3	15
			Kualitas <i>valve</i> dan <i>flange</i> yang buruk	Penambahan Ongkos Pekerja	5	1	5
M1	M.1.1	Seluruh kegiatan unit 1	belum adanya ijin memulai kegiatan proyek oleh kontraktor pihak 1 karena Adanya permasalahan sosial yang harus diselesaikan oleh sub-cont pihak ke-2	Keterlambatan Proyek Unit 1 PLTU 2x1000 MW	5	5	25
				Penambahan Ongkos Pekerja	5	2	10

Berdasarkan tabel 3 tersebut dijelaskan skor kualitatif keterlambatan yang tertinggi diperoleh dari mode kegagalan seluruh kegiatan unit 1 secara general yang disebabkan oleh belum adanya ijin memulai kegiatan proyek oleh kontraktor pihak 1 karena adanya permasalahan sosial yang harus diselesaikan oleh sub-cont pihak ke-2 yang berakibat keterlambatan Proyek Unit 1 PLTU 2x1000 MW. Dengan perolehan 25 yang berarti skema kegagalan yang terjadi dapat dikatakan kegagalan tersebut sudah pasti dengan efek keterlambatan tersebut.

### 3.4 Mitigasi Keterlambatan Berdasarkan Prinsip RCM II

Sejatinya, RCM II memang dipakai untuk kegagalan dan perbaikan mesin secara berkala. Akan tetapi prinsip dari RCM II ini dapat menjadi referensi untuk tindak mitigasi risiko tersebut. Pada evaluasi konsekuensi pada tiap kegiatan kritis, termasuk golongan “O” yang berarti kegagalan tersebut mempengaruhi pekerjaan dari proyek. Golongan tersebut memiliki konsekuensi sebagai berikut

1. Failure mode dapat diketahui secara langsung oleh operator dalam kondisi normal,
2. Failure mode tidak berdampak pada keselamatan kerja operator,
3. Failure mode tidak berdampak pada lingkungan,
4. Failure mode berdampak pada output produksi yang dihasilkan.

Syarat dari kondisi *proactive task* yang lebih efisien ialah syarat O1 untuk setiap kegiatan kritis. Syarat tersebut memungkinkan untuk dilakukan pendeteksian terhadap gejala-gejala awal terjadinya keterlambatan. Dapat dilakukan monitoring terhadap S-curve kegiatan - Apakah dalam interval waktu tersebut cukup untuk dilakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi / mengeliminasi *functional failures* yan.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian pembahasan dari penelitian ini, penelitian ini dapat disimpulkan oleh 2 poin berikut :

1. Identifikasi pada risiko keterlambatan melalui metode failure mode and effect analysis (FMEA), seringkali risiko kegagalan dari kegiatan kritis disebabkan oleh manajerial yang terlalu rumit baik dari kontraktor pihak 1 maupun sub-kontraktor pihak ke 2.
2. Prinsip RCM II menjelaskan bahwa semua kegiatan kritis berada pada golongan konsekuensi "O" yang berarti konsekuensi dari kegagalan tersebut berdampak pada produksi atau pekerjaan yang dilakukan pada proyek PLTU. Sedangkan untuk syarat dari kondisi *proactive task* yang lebih efisien ialah syarat O1 untuk setiap kegiatan kritis. Syarat tersebut memungkinkan untuk dilakukan pendeteksian terhadap gejala-gejala awal terjadinya keterlambatan. Dapat dilakukan monitoring terhadap S-curve kegiatan - Apakah dalam interval waktu tersebut cukup untuk dilakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi / mengeliminasi *functional failures*.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Browden, A., Malcolm, R., & Julia, H. (2001). *Tripple Bottom Line Risk*. ork, John Wiley & Son Inc. New York.
- [2] Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi*, Jilid 1, Edisi Pertama, Kanisius. Yogyakarta.
- [3] Santosa, B. (2003). *Manajemen Proyek*. Surabaya: Guna Widya.
- [4] Uher, T. E. 1996. *Programming And Scheduling Techniques*. Australia: School of Building, University of NSW.

## OPTIMASI PENJADWALAN PROYEK *NORTH ACID GAS FLARE* RDMP RU-V BALIKPAPAN MELALUI LINTASAN KRITIS PDM DAN PERCEPATAN *CRASH DURATION*

Mohammad Riqi Efendi.<sup>1\*</sup>, Nurvita Arum Sari.<sup>2</sup>, Mochammad Choirul Rizal.<sup>3</sup>

Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi D-IV Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: [efendiriqi@gmail.com](mailto:efendiriqi@gmail.com)<sup>1\*</sup>; [arum.up3d@gmail.com](mailto:arum.up3d@gmail.com)<sup>2\*</sup>; [mochammadchoirulrizal@gmail.com](mailto:mochammadchoirulrizal@gmail.com)<sup>3\*</sup>;

---

**Abstract** - On a project, there is often a problem or constraint outside of the project's initial planning, so that delays in a project will inevitably occur. The delay that occurs will cause the duration and cost of the planned project will not be equal to the duration and cost of project implementation. One way to anticipate it by doing optimization. In doing the optimization, cost and time factor must be paid attention to, so that obtained optimum cost and time efficiency and quality according to the desired standard. The North Acid Gas Flare RDMP RU-V Balikpapan is selected for the research study due to delays in its completion. Optimization is done by making the network using PDM (Precedence Diagram Method) to get a critical path. Calculation of productivity and cost of work on critical path then using the Crash Duration only focuses on the addition of workers and as a way to overcome the delays in this project. The analysis results obtained work with the Crash Duration methods cost Rp.7.031.000.000 with the duration 196 days, while working with the normal cost Rp.6.644.000.000 and 216 days. Optimization using the Crash Duration methods is selected because it can solve the delay that occurred without adding the project's total duration.

**Keyword:** Delay, Optimization, Precedence Diagram Method, Crash Duration

---

### Nomenclature

ES = Early Start (hari)  
LF = Late Finish (hari)  
LS = Late Start (hari)  
D = Durasi (hari)  
EF = Early Finish (hari)

### 1. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan Erektor Proyek *North Acid Gas Flare RDMP RU-V* Balikpapan direncanakan 216 hari, mulai dari 1 mei 2019 sampai 14 desember 2019. Namun Pada pekerjaan Erektor Proyek *North Acid Gas Flare RDMP RU-V* Balikpapan mengalami kemunduran jadwal dari rencana awal sehingga diperlukan optimalisasi pengerjaan proyek agar selesai tepat waktu. Suatu proyek dikatakan berhasil apabila waktu dan biaya pelaksanaan sesuai dengan perencanaan awal proyek atau lebih cepat dan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan. Perencanaan suatu proyek merupakan hal yang sangat penting untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan bisa memberikan keuntungan serta menghindarkan dari adanya keterlambatan penyelesaian proyek. Berdasarkan permasalahan

yang telah diuraikan maka dilakukan penelitian dengan metode jaringan kerja *Precedence Diagram Method* (PDM) untuk perencanaan proyek dan menggunakan analisa *Crash Duration* untuk optimasi keterlambatan. Hasil keluaran dari penelitian berupa perencanaan proyek dengan diagram dan opsi waktu yang efisien dan biaya optimum untuk mengatasi keterlambatan dengan penambahan pekerja menggunakan metode *Crash Duration*

### 2. METODOLOGI.

#### 2.1 Prosedur Penelitian

Optimasi akan dilakukan dimulai dari awal pengerjaan hingga akhir. Dengan dibuat optimasi durasi dan biaya proyek dengan opsi penambahan tenaga kerja menggunakan metode *Crash Duration*. Pertama membuat *Work Breakdown Structure* pada kegiatan proyek Proyek *North Acid Gas Flare RDMP RU-V* Balikpapan kemudian dilanjutkan untuk membuat jadwal proyek menggunakan *Microsoft Project* sesuai dengan produktifitas pekerja. Selanjutnya membuat jaringan kerja berupa *Precedence Diagram Method*, selanjutnya. perbandingan waktu dan biaya dari optimasi menggunakan penambahan tenaga kerja menggunakan metode

*Crash Duration*. Sehingga didapatkan perhitungan waktu yang efisien dan biaya paling optimum dari opsi yang didapatkan. Selain itu juga akan didapatkan kurva-s baru hasil optimasi yang digunakan acuan progress yang sedang dilaksanakan.

## 2.2 WBS dan Durasi

Pekerjaan pertama yang harus dilakukan adalah membuat WBS, fungsi dari WBS dalam proyek adalah membagi pekerjaan inti dan sub pekerjaan yang akan dilakukan agar pekerjaan lebih terstruktur. Selanjutnya adalah melakukan perhitungan pada persamaan (1) untuk mendapatkan durasi. Perhitungan ini didapatkan dengan mengetahui volume pekerjaan yang akan dilakukan dibagi dengan produktivitas perhari pekerja, dalam penelitian ini perhitungan durasi juga mengacu pada buku *Estimator's Piping Man-Hour Manual*. Selanjutnya untuk mendapatkan durasi baru yang sesuai dengan durasi optimasi maka dengan diketahui durasi dan volume pekerjaan yang akan dikerjakan didapatkan produktivitas baru, dari produktivitas baru ini dapat dilakukan perbandingan dari dua perhitungan diatas kemudian divariasikan penambahan pekerja untuk mendapatkan produktivitas yang diinginkan.

$$Durasi = \frac{volume\ total}{produktivitas\ perhari} \quad (1)$$

## 2.3 PDM (Precedence Diagram Method)

PDM adalah jaringan kerja yang digunakan pada suatu proyek untuk memberikan perencanaan dan penjadwalan secara menyeluruh dan untuk mendapatkan jalur kritis dari suatu proyek.

### 2.3.1 Identifikasi Jalur Kritis

Perhitungan untuk mendapatkan jalur kritis yaitu dengan perhitungan maju dan perhitungan mundur, yang nantinya apabila *didapatkan ES (Early Start) = LS (Late Start) dan EF (Early Finish) = LF (Late Finish)* maka kegiatan tersebut termasuk jalur kritis

Hitungan Maju  
 $EF = ES + D \quad (2)$

Hitungan Mundur  
 $LF = LS + D \quad (3)$

## 2.4 Crash Duration

Adalah metode optimasi waktu pada proyek dengan cara melakukan perkiraan dari *Variable Cost* dalam menentukan pengurangan durasi yang maksimal dan paling ekonomis dari suatu kegiatan yang masih mungkin untuk direduksi. Dalam penelitian ini metode *Crash Duration* hanya fokus dalam penambahan pekerja dari suatu

kegiatan yang mungkin dapat direduksi waktu pengejaannya.

## 2.5 Presentase Bobot Pekerjaan

$$\frac{harga\ satuan\ Pekerjaan}{harga\ seluruh\ Pekerjaan} \times 100\% \quad (4)$$

Adalah presentase dari setiap pekerjaan yang didapatkan dari persamaan (4) dengan mengetahui harga satuan pekerjaan dibagi harga seluruh pekerjaan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Deskripsi Data

Proyek *North Acid Gas Flare RDMP RU-V* Balikpapan adalah proyek pembangunan *Flare Stack* dengan panjang pipa 984 m dari Tie-in *Existing* sampai dengan *Flare Stack*. Dalam pengerjaannya proyek ini dibagi menjadi dua area yang dikerjakan oleh 2 sub kontraktor, sub kontraktor pertama mengerjakan area Bpp II dan sub kontraktor kedua mengerjakan area *Acid Gas Flare* lainnya. tetapi pada pembahasan kali ini akan di fokuskan pada pekerjaan sub kontraktor kedua karena mendapatkan pekerjaan lebih banyak dan sedang terjadi keterlambatan pada pengerjaannya. Salah satu penyebab keterlambatan yang terjadi adalah tidak didapatkannya *Approval Shop Drawing* dan material terlambat datang yang menyebabkan pekerjaan di daerah tersebut tidak bisa dilaksanakan. Oleh karena itu untuk mengatasi keterlambatan itu dalam penelitian ini dilakukan optimasi pada pekerjaan dilintasan kritis dengan metode penjadwalan PDM (*Precedence Diagram Method*) dan metode optimasi *Crash Duration*, kemudian dibandingkan hasilnya dan digunakan untuk mengatasi keterlambatan pada proyek tersebut.

### 3.1 Produktivitas dan Penjadwalan

Didalam melakukan penjadwalan durasi, volume dan produktivitas harus diperhitungkan dengan benar. Selanjutnya penjadwalan bisa dilakukan dengan bantuan *Microsoft Project* dan dengan diagram jaringan. Berikut adalah tabel perhitungan produktivitas.

Tabel 1. Perhitungan produktivitas aktual

WELDING					
NO.	DESCRIPTION	VOLUME		Produktivitas	
		Qty	Unit	per day	duration
1	Total Volume Dia Inch	10.206	Dia.in		
	Shop Fabrication	6.124	Dia.in	40	153
	Field Fabrication	4.082	Dia.in	20	204
	Threaded / Joining Work	1.116	Joint	20	56
2	Manpower				
	Piping Work				
	Welder	1			
	Fitter	1			
	Helper	1			